

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-225293

(43)公開日 平成7年(1995)8月22日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 2 1 C 7/27 1/09	G D P	8908-2G 9117-2G	G 2 1 C 7/ 26	G D P S

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 5 頁)

(21)出願番号 特願平6-16193

(22)出願日 平成6年(1994)2月10日

(71)出願人 000230940

日本原子力発電株式会社
東京都千代田区大手町1丁目6番1号

(71)出願人 000006208

三菱重工業株式会社
東京都千代田区丸の内二丁目5番1号

(72)発明者 目黒 俊一

東京都千代田区大手町一丁目6番1号 日
本原子力発電株式会社内

(72)発明者 島村 和雄

東京都千代田区丸の内二丁目5番1号 三
菱重工業株式会社内

(74)代理人 弁理士 鈴江 武彦

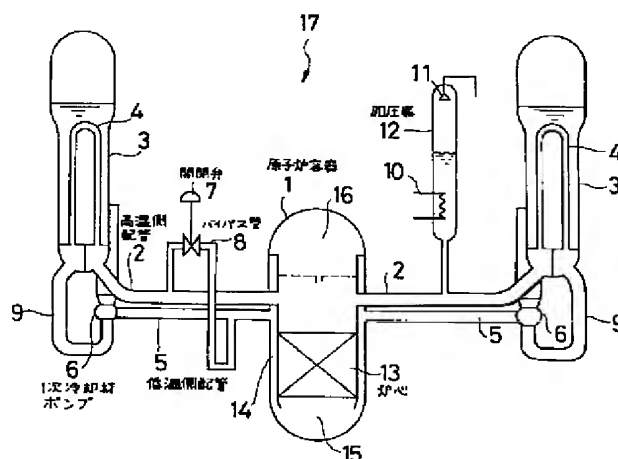
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 加圧水型原子炉及びその運転方法

(57)【要約】

【目的】本発明は、炉内構造物や燃料を変更することなく流量制御又は圧力制御によってスペクトルシフト運転を可能ならしめうることを主要な目的とする。

【構成】原子炉容器と、蒸気発生器と、冷却材循環ポンプと、前記原子炉容器、蒸気発生器、冷却材循環ポンプ間を連絡する配管と、前記原子炉容器の冷却材入口ノズルに連絡した低温側配管と、前記原子炉容器の冷却材出口ノズルに連絡した高温側配管と、更に前記低温側配管と高温側配管とを連結するバイパス管とを具備する加圧水型原子炉及びその運転方法であり、バイパス流量または1次冷却系圧力を調整することを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 原子炉容器と、蒸気発生器と、冷却材循環ポンプと、前記原子炉容器、蒸気発生器、冷却材循環ポンプ間を互いに連絡する配管とを具備する加圧水型原子炉において、前記原子炉容器の冷却材入口ノズルに低温側配管が連絡され、前記原子炉容器の冷却材出口ノズルに高温側配管が連絡され、更に前記低温側配管と高温側配管とをバイパス管で連絡することを特徴とする加圧水型原子炉。

【請求項2】 原子炉容器と、蒸気発生器と、冷却材循環ポンプと、前記原子炉容器、蒸気発生器、冷却材循環ポンプ間を互いに連絡する配管とを具備し、前記原子炉容器の冷却材入口ノズルに低温側配管が連絡され、前記原子炉容器の冷却材出口ノズルに高温側配管が連絡され、更に前記低温側配管と高温側配管とを開閉弁を介在させたバイパス管で連絡する加圧水型原子炉を運転する方法において、運転サイクルの前半では前記開閉弁を開けて冷却材をバイパスさせ、後半では前記開閉弁を閉じさせることを特徴とする加圧水型原子炉の運転方法。

【請求項3】 原子炉容器と、蒸気発生器と、冷却材循環ポンプと、前記原子炉容器、蒸気発生器、冷却材循環ポンプ間を互いに連絡する配管とを具備し、前記原子炉容器の冷却材入口ノズルに低温側配管が連絡され、前記原子炉容器の冷却材出口ノズルに高温側配管が連絡され、更に前記低温側配管と高温側配管との間にバイパス流路を有する加圧水型原子炉を運転する方法において、運転サイクルの前半では冷却材をバイパスさせ、運転サイクルの後半では1次冷却系の圧力を上昇させることにより炉心の反応度を調整することを特徴とする加圧水型原子炉の運転方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、加圧水型原子炉及びその運転方法に関する。

【0002】

【従来の技術】周知の如く、従来の加圧水型原子炉では、1次冷却系を百数十 kg/cm^2 の圧力に加圧し、原子炉容器出口温度（高温側配管）を飽和温度以下とすることによって系全体でサブクールを保っている。

【0003】一方、沸騰水型炉においては、炉心内で沸騰をおこさせているが、ボイド量が流量によって変化することを利用し、ボイド量の調節による中性子のスペクトルシフト運転を行って燃料費の低減を図っている。この炉は、運転サイクル前半には流量を減少させて炉心内のボイド量を増大させ、中性子スペクトルを高エネルギー側に移して ^{238}U からプルトニウムへの転換を促進する。また、運転サイクル後半には、流量を増大させてボイド量を減らし、中性子スペクトルを低エネルギー側に移すことによってサイクル前半で生成したプルトニウムを有効に燃やそうというものである。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の加圧水型原子炉では、高温側配管で2相流となると、1次冷却材の体積変化が大きくなって制御が難しいという問題点を有する。また、燃料棒と蒸気発生器伝熱管の高温2相流下では健全性が不明なことから沸騰水型炉で行われているようなボイド量の変化を利用したスペクトルシフト運転は実施されていない。

【0005】本発明は上記事情に鑑みてなされたもので、炉内構造物や燃料を変更することなく、流量制御又は圧力制御によってスペクトルシフト運転を可能ならしめうる加圧水型原子炉及びその運転方法を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】本願第1の発明は、原子炉容器と、蒸気発生器と、冷却材循環ポンプと、前記原子炉容器、蒸気発生器、冷却材循環ポンプ間を互いに連絡する配管とを具備する加圧水型原子炉において、前記原子炉容器の冷却材入口ノズルに低温側配管が連絡され、前記原子炉容器の冷却材出口ノズルに高温側配管が連絡され、更に前記低温側配管と高温側配管とをバイパス管で連絡することを特徴とする加圧水型原子炉である。

【0007】本願第2の発明は、原子炉容器と、蒸気発生器と、冷却材循環ポンプと、前記原子炉容器、蒸気発生器、冷却材循環ポンプ間を互いに連絡する配管とを具備し、前記原子炉容器の冷却材入口ノズルに低温側配管が連絡され、前記原子炉容器の冷却材出口ノズルに高温側配管が連絡され、更に前記低温側配管と高温側配管とを開閉弁を介在させたバイパス管で連絡する加圧水型原子炉を運転する方法において、運転サイクルの前半では前記開閉弁を開けて冷却材をバイパスさせ、後半では前記開閉弁を閉じさせることを特徴とする加圧水型原子炉の運転方法である。本願第3の発明は、原子炉容器と、蒸気発生器と、冷却材循環ポンプと、前記原子炉容器、蒸気発生器、冷却材循環ポンプ間を互いに連絡する配管とを具備し、前記原子炉容器の冷却材入口ノズルに低温側配管が連絡され、前記原子炉容器の冷却材出口ノズルに高温側配管が連絡され更に前記低温側配管と高温側配管との間にバイパス流路を有する加圧水型原子炉を運転する方法において、運転サイクルの前半では冷却材をバイパスさせ、運転サイクルの後半では1次冷却系の圧力を上昇させることにより炉心の反応度を調整することを特徴とする加圧水型原子炉の運転方法である。

【0008】本発明において、1次冷却材圧力を低下させて飽和温度が現在の加圧水型炉の高温側配管側の温度程度となるようにする。例えば、圧力を $130\text{kg}/\text{cm}^2$ 程度まで低下させれば、飽和温度は約 330°C となり、現在の加圧水型炉の高温側配管の温度と差がなくなる。

【0009】また、炉心内で沸騰を起こさせ、かつ高温側配管でサブクールを保つ方法としてバイパス流量を増大させる方法を用いる。例えば、高温側配管と低温側配管の間のバイパスラインに設けた開閉弁を開としておけば、バイパス流量を増大できる。これによって炉心から出てきた2相流とバイパス流が混合し、高温側配管でサブクールを保つことが可能となる。

【0010】

【作用】本発明において、燃料サイクル前半では、高温側配管と低温側配管の間でバイパス流れを流し、炉心流量を減少させる。これによって、炉心内で沸騰がおき、中性子スペクトルは高エネルギー側にシフトしてプルトニウムの生成が促進される（沸騰が起きると、気泡の発生により1次冷却材の中性子減速能は低下し、中性子のエネルギーレベルは高くなる。これは、 ^{238}U に吸収されやすい）。また、サイクル後半には高温側配管と低温側配管の間のバイパス流を停止し、炉心流量を増大させて炉心内を单相流とすることによって中性子スペクトルを低エネルギー側にシフトし、サイクル前半に生成されたプルトニウムを効果的に燃焼させる。このようにして、蒸気発生器出入口の1次冷却材流量、温度条件を変更せずにスペクトルシフトによって燃料費を低減することが可能となる。

【0011】また、別の方法としては、サイクル前半は炉心内で沸騰は発生するが高温側配管では低温側配管からのバイパス流と合流時にサブクールを保てる1次系圧力とし、サイクル後半では1次系圧力を上昇させて炉心内でもサブクールを保つ方法を採用することもできる。

【0012】

【実施例】以下、本発明の一実施例に係る加圧水型原子炉の1次冷却設備について図1を参照して説明する。図中の1は、原子炉容器である。前記原子炉容器1の冷却材出口ノズル（図示せず）には、高温側配管2を介して蒸気発生器3が接続されている。前記蒸気発生器3内には、伝熱管4が配設されている。前記原子炉容器1の冷却材入口ノズル（図示せず）には、低温側配管5を介して1次冷却材ポンプ6が接続されている。前記高温側配管2と低温側配管5間には、開閉弁7を介装したバイパス管8（バイパス流路ともいう）が設けられている。前記ポンプ6と伝熱管4間には、蒸気発生器出口側配管9が設けられている。前記高温側配管2の所定の位置には、下部にヒータ10を、頂部にスプレー11を配設した加圧器12が接続されている。ここで、系を加圧したい時にはヒータ10を入れて圧力を上昇させ、減圧したい時にはスプレー11を作動して圧力を低下させる。なお、図中の13は炉心、14はダウンカマ、15は下部プレナム、16は上部プレナム、17は1次冷却設備を示す。また、図1の場合は1次冷却設備17のループが2つの場合を説明したが、実際には2～4ループの1次冷却設備がある。

【0013】こうした構成の加圧水型原子炉の運転方法について、説明する。1次冷却材ポンプ6から送り出された1次冷却材は、低温側配管5を通して原子炉容器1に入り、ダウンカマ14を通して下降し、下部プレナム15で180度流れの方向を変えて炉心13内に入る。そして、熱を除去して高温側配管2を通して蒸気発生器3に入り、伝熱管4を通して熱を2次側へ渡す。また、運転サイクルの前半では前記開閉弁7を開けて冷却材をバイパスさせ、後半では前記開閉弁7を閉じさせる。更に、系を加圧したい時には加圧器12の下部に配設したヒータ10を入れて圧力を上昇させ、減圧したい時には加圧器12の頂部に配設したスプレー11を作動して圧力を低下させる。

【0014】1次冷却系各部における1次冷却材温度は、図2に示すようにする。即ち、炉心入口と高温側配管2間以外の場所では、運転サイクル中温度変化はない。圧力は 130 kg/cm^2 で一定であり、この時の飽和温度は 330°C である。サイクル前半においては、バイパス管8の開閉弁7を開とするため、炉心流量は少なく、炉心内温度は図2の（イ）のようになる。即ち、炉心長の下端から約2/3のところで飽和温度に達し、以後は体沸騰が生じてボイド量が増大する。

【0015】一方、バイパス管8を流れる冷却材は炉心13の除熱に寄与しないので、温度上昇はなく、図2の（ロ）のようになる。また、高温側配管2において炉心冷却材とバイパス流は合流し、サブクールとなって蒸気発生器3へ到る。この状態では炉心13内に体沸騰が生じている為、中性子スペクトルは高エネルギー側にシフトしている。

【0016】サイクル後半において、開閉弁7を閉じると炉心流量が増大し、1次冷却材温度は図2の（ハ）のようになる。炉心13内で1次冷却材温度は飽和に達しないので、わずかのボイドしか生じず、従って中性子スペクトルは低エネルギー側にシフトする。

【0017】上記実施例に係る加圧水型原子炉は、図1に示すように、原子炉容器1と、前記原子炉容器1の冷却材出口ノズルに高温側配管2を介して接続された蒸気発生器3と、前記原子炉容器1の冷却材入口ノズルに低温側配管5を介して接続された1次冷却材ポンプ6と、前記高温側配管2と低温側配管5とを連絡する開閉弁7を介装したバイパス管8等を具備した構成となっている。従って、炉内構造物や燃料を変更することなく、流量制御又は圧力制御によってスペクトルシフト運転を行うことができる。

【0018】また、上記実施例に係る加圧水型原子炉の運転方法によれば、運転サイクルの前半では前記開閉弁7を開けて冷却材をバイパスさせ、後半では前記開閉弁7を閉じさせて運転するため、上記と同様、炉内構造物や燃料を変更することなく、流量制御によってスペクトルシフト運転を行うことができる。これに対し、加圧水

10

20

30

40

50

5

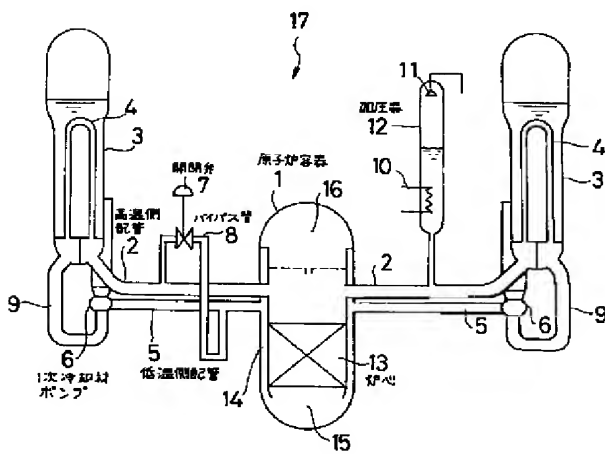
型炉で従来提案されている中性子スペクトルをシフトさせる運転方法では、炉内構造物又は燃料集合体にスペクトルシフトの機能（例えば水排除機構）を付加したものであり、これらの構造の変更を必要としていた。

【0019】他の実施例（図3）は、前述の実施例（図1）のような開閉弁を設置しないバイパス管21（バイパス流路ともいう）を設けたことを特徴とする。但し、開閉弁を設置している場合は開とする。この加圧水型原子炉の運転方法では、サイクル前半の運転方法は実施例1と同様であるが、サイクル後半では中性子スペクトルを低エネルギー側にシフトする方策として1次系を加圧器12のヒータ10を作動させて1次系を加圧する。図4は、サイクル後半に1次冷却材を157 kg/cm²まで加圧する場合の温度分布を示す。サイクル前半の炉心流及びバイパス流の温度（イ）と（ロ）は図2と同様である。

【0020】実施例2のように、サイクル後半に圧力を157 kg/cm²に上昇すると、飽和温度は354℃となる。従って、炉心内の冷却材温度は図4の（ハ）のように上昇するが、炉心出口でも飽和温度に達せず体沸騰は生じない。

【0021】更に他のこの実施例（図5）は、図3に示す実施例におけるバイパス管21に相当するバイパス孔23（バイパス流路ともいう）を原子炉容器1内の上部プレナム16に設置したことを特徴とする。この実施例

【図1】



6

によれば、図3に示す実施例と同様な効果が得られる。

【0022】

【発明の効果】以上詳述した如く本発明によれば、炉内構造物や燃料を変更することなく、流量制御又は圧力制御によってスペクトルシフト運転を可能ならしめうる加圧水型原子炉及びその運転方法を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例に係る加圧水型原子炉の要部の説明図。

10 【図2】図1の加圧水型原子炉の1次冷却系各部における1次冷却材温度の説明図。

【図3】本発明の他の実施例に係る加圧水型原子炉の要部の説明図。

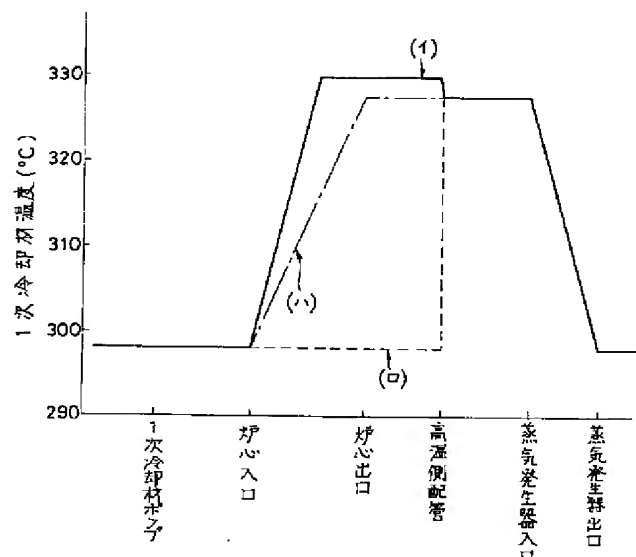
【図4】図3の加圧水型原子炉の1次冷却系各部における1次冷却材温度の説明図。

【図5】本発明の図3の実施例と同等の効果を有する他の実施例に係る加圧水型原子炉の要部の説明図。

【符号の説明】

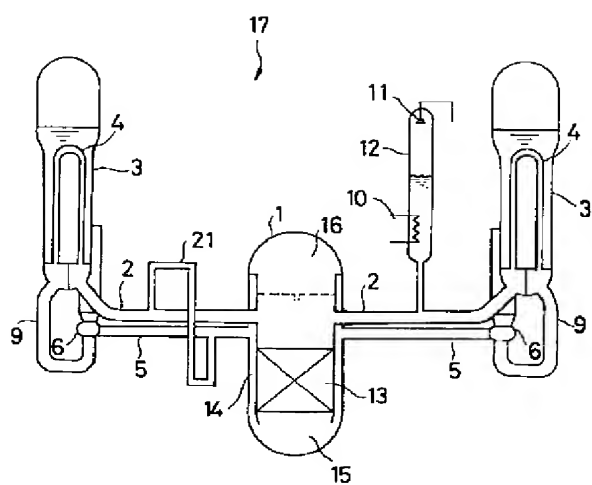
- 1…原子炉容器、 2…高温側配管、 3…蒸気発生器、 4…伝熱管、 5…低温側配管、
6…1次冷却材ポンプ、 7…開閉弁、
8、21…バイパス管、 9…蒸気発生器出口配管、
10…ヒータ、 11…スプレー、 12…加圧器、 13…炉心、 23…バイパス孔。

【図2】

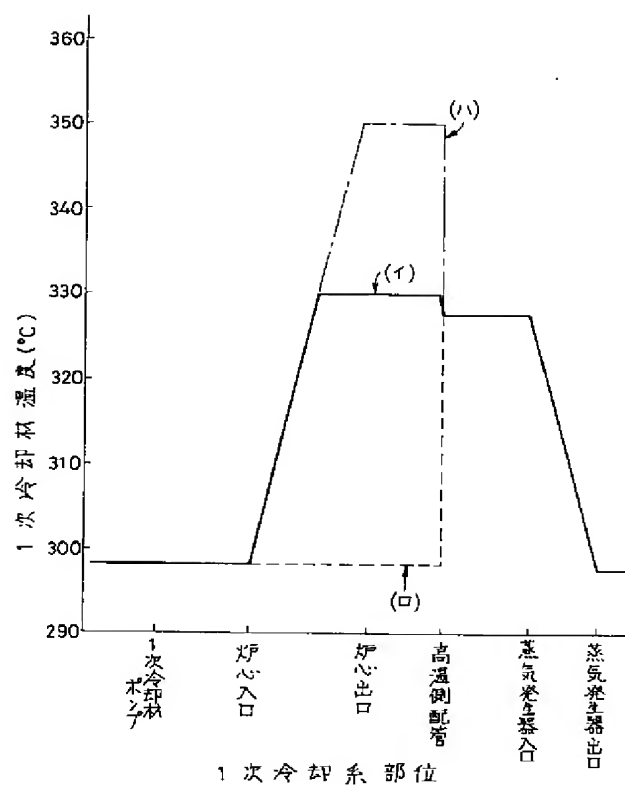


1次冷却系部位

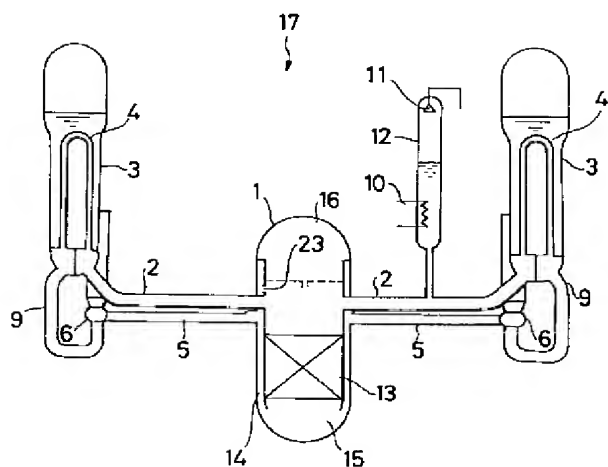
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 牧原 義明
東京都港区芝公園二丁目4番1号 三菱原
子力工業株式会社内

PAT-NO: JP407225293A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 07225293 A
TITLE: PRESSURIZED WATER NUCLEAR
REACTOR AND OPERATING METHOD
THEREFOR
PUBN-DATE: August 22, 1995

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
MEGURO, SHUNICHI	
SHIMAMURA, KAZUO	
MAKIHARA, YOSHIAKI	

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
JAPAN ATOM POWER CO LTD:THE	N/A
MITSUBISHI HEAVY IND LTD	N/A

APPL-NO: JP06016193
APPL-DATE: February 10, 1994

INT-CL (IPC): G21C007/27 , G21C001/09

ABSTRACT:

PURPOSE: To shift a spectrum under the control of a flow rate by respectively connecting low and high temperature side tubes to coolant inlet and outlet, and connecting both the tubes via a bypass

tube.

CONSTITUTION: Primary coolant fed from a primary coolant pump 6 is introduced to a nuclear reactor vessel 1 through a low temperature side tube 5 of an inlet nozzle, altered at its flow via a lower plenum 15 through a down comer 14, and fed to a reactor core 13. Its heat is removed, the coolant is introduced into a steam generator 3 through a high temperature side tube 2 of an output nozzle, and the heat is delivered to a secondary side through a heat transfer tube 4. Since a switching valve 7 of a bypass tube 8 is opened in a former half of an operating cycle, a flow rate of the core is low, a temperature in the core 13 reaches a saturated temperature at about 2/3 from a lower end of the core, a void amount is increased, and a neutron spectrum is shifted to a high energy side. When the valve 7 is closed in a latter half of the cycle, the flow rate of the core is increased, a primary coolant temperature does not reach saturation in the core 13, and only small void is generated, and hence the spectrum is shifted to a low energy side.

COPYRIGHT: (C)1995,JPO